futuro
Suplemento de ciencias de **Página/12**
Año 16 / N° 849 | 25 . 06 . 2005

Fotomontaje: Gabriel Minvielle

POR FEDERICO KUKSO

CAFE CIENTIFICO: NANOTECNOLOGIA

# Hay lugar allá abajo

Hay mundos donde el cobre deja de parecer cobre y el oro de parecer oro. Hay mundos donde ni los metales ni los líquidos se comportan como se espera, mundos con leyes todavía por conocer, aprovechar y disfrutar. Muy abajo, donde reina lo muy pequeño, materiales e inteligencia humana se conjugan para construir maquinarias nuevas: es el reino del nanómetro, de la millonésima de milímetro, donde la nanotecnología intenta intervenir y construir castillos, no en el aire, sino en un espacio donde las moléculas de aire se vuelven visibles. Cruce de física, matemáticas y electrónica, esta ciencia aún en pañales las alinea en pos de un destino común: fabricar, dominar la mínima materia. Bienvenidos al mundo de lo nano, que todos habitamos pero nadie puede ver.

Como el resto de los mortales, los científicos también caen rendidos ante la fuerza hipnótica y adictiva de las apuestas. Uno de los físicos más famosos en entrar al juego (y ofrecerlo) es Stephen Hawking, quien en 1997 desafió a su colega Kip Thorne (del Caltech de Estados Unidos) para que demostrase que su hipótesis ("los agujeros negros destruyen todo lo que absorben") era falsa. Por desgracia –para Hawking, claro–, Thorne demostró que no sólo estas singularidades no devoran todo lo que se aproxima a su vecindario sino que también son capaces de expulsar materia y energía. Así, a Hawking no le quedó más que reconocer públicamente la derrota y pagar el monto de la apuesta (100 dólares).

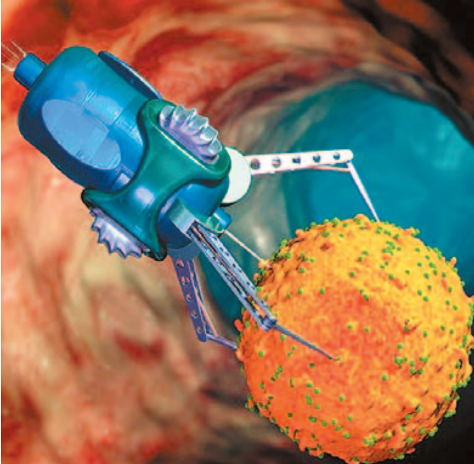
Ningún matemático olvida tampoco los retos del Clay Mathematic Institute, y el suculento millón de dólares que ofrece esta institución para aquel (o aquella) que resuelva uno (o más, si quiere) de los "problemas matemáticos del milenio". Hasta 1995 eran ocho, pero se redujeron a siete cuando finalmente el norteamericano Andrew Wiles demostró el teorema de Fermat y reclamó su premio y la fama.

Pese a ello, la apuesta más fuerte la hizo en 1959 el famoso físico Richard Feynman, quien en una conferencia alzó la voz y dijo: "Hay mucho lugar allá abajo" y desafió a los presentes para que hicieran un motor más pequeño que 8 $mm^3$. Casi sin quererlo, Feynman abrió las puertas de lo (aún) desconocido y de allí salió expelido un nuevo campo científico, de dominios íntimos, liliputenses, vírgenes: habían nacido las nanociencias. Poco a poco, sus frutos y sueños invadieron el vocabulario cotidiano y los títulos de los subsidios científicos; cubrieron la superficie textual de las grandes revistas y hasta llegaron al último Café Científico –organizado por el Planetario Galileo Galilei– de la mano del químico Galo Soler Illia (investigador del Conicet, Comisión Nacional de Energía Atómica), quien introdujo a los presentes en las delicias de una tierra nueva: el nanomundo.

**Galo Soler Illia:** La nanotecnología es un campo tan interesante como desconocido, hasta para los propios especialistas. Y la gente todavía no se pone de acuerdo en qué es. Sabemos que al menos es un cruce entre química, física, biología, matemática, informática, electrónica..., etc., por lo cual es muy difícil establecer una frontera, una definición clara; así que no voy a dar una definición. Empiezo diciendo que trabajamos con cosas que son muy pequeñas.

Cuesta darse cuenta de las magnitudes con las que trabaja la gente metida en la nanotecnología. Usualmente estamos acostumbrados a nuestras distancias típicas, las de todos los días, que son las de un metro, más o menos, algo así como el largo de un brazo. La Tierra, en cambio, tiene en el orden de doce millones de metros de lado a lado. Más o menos $10^6$ metros. >>>

# Hay mucho lugar...


LOS NANOBOTS PODRIAN ARREGLAR A LAS CELULAS *IN SITU*.



EL QUIMICO GALO SOLER ILLIA INTRODUJO AL PUBLICO DEL CAFE CIENTIFICO EN LOS CAMINOS DEL NANOMUNDO.

>>> Si pusiéramos 80 Tierras una al lado de la otra, son mil millones de veces más grandes que nosotros ($10^9$).

Ahora vayamos para el otro lado: los objetos con los que nosotros trabajamos son muy pequeños; son mil millones de veces más chicos que nosotros. Un rulemán mide en el orden del milímetro; un alga microscópica mide alrededor de una millonésima de metro (un micrón); y un virus mide una mil millonésima de metro (el famoso –para nosotros– "nanómetro"). De eso, pues, trata la nanotecnología: de manejar objetos del tamaño de un nanómetro. Es como si un gigante que midiese 80 a 100 veces el tamaño de la Tierra tratase de manejarnos a nosotros, los humanos, con suma precisión. Roguemos que sus deditos sean precisos y no nos aplaste. Así que éste es nuestro desafío: tener dedos muy finos y muy hábiles como para manejar la materia a muy pequeña escala.

Pero hay otra escala muy importante: la escala de fuerzas que actúan. Y son distintas a las fuerzas que actúan en nuestra vida todos los días, seres grandes, seres macroscópicos, métricos. Las nuestras son fuerzas como la gravedad, la fricción; nosotros nos caemos, se nos caen pianos en la cabeza; podemos caminar porque rozamos nuestros pies contra el piso; son fuerzas grandes. Cuando nos vamos haciendo cada vez más chicos, más parecidos a moléculas, a átomos (fíjense que un átomo es una décima de un nanómetro, más o menos), ya estamos en un universo donde la gravedad no importa, donde las cosas no pesan casi nada.

Además, los átomos se ven ellos mismos como campos. Una molécula atrae a otra y son como pequeños imanes que se reconocen, se miran; hay fuerzas entre los átomos que hacen que se pegoteen entre sí o se desunan; los átomos viven efímeramente.

Podríamos decir que la nanotecnología más primitiva consistió en hacer cabezas de alfiler, de uno o dos milímetros. Si vamos más abajo, hacia el micrómetro, hacia la milésima de milímetro, ya podemos hacer máquinas con engranajes bastante complicados. Todo esto es lo que se llama "microtecnología" y está presente en los microprocesadores de las computadoras. La gente quiere hacer micromáquinas: el reloj más pequeño, el motor más pequeño, la máquina de vapor más pequeña, una serie de aparatos que son clásicos. La gente busca recrear el mundo macroscópico en una escala pequeña. Fíjense: es una diferencia conceptual muy importante porque estamos recreando el colectivo en escala pequeña. Esta simulación de la realidad en la escala de la milésima del milímetro –chiquito pero no tanto– es todavía nuestra realidad mecánica: las cosas giran, hay engranajes, hay cosas mecánicas, hay rozamiento, pero no es el verdadero "nanomundo", es la milésima de milímetro; no es la millonésima de milímetro que es la medida del verdadero "mundo nano"; allí las propiedades cambian. Las leyes son nefastas, son terribles, diferentes. Y en este mundo nano las cosas se comportan de manera bastante sorprendente.

**Leonardo Moledo:** Bueno, no es que las leyes sean diferentes; la gravedad allí existe, lo que pasa es que es muy débil.

**Soler Illia:** Es verdad, las leyes afectan de distinta manera. Allí está lo que se llama el comportamiento cuántico. Los que trabajamos en ese mundo pequeño venimos de la ciencia de los materiales. El ser humano levantó las pirámides, el Coliseo, hizo neumáticos, sabe hacer fibras y tejidos. Muchas veces –no todas, claro– detrás de eso está la idea de hacer un compuesto, una entidad, un objeto que sea útil. Ahora queremos hacer objetos pequeños, dominar la materia a la escala más pequeña. En electrónica está, por ejemplo, la famosa "ley de Moore" que dice que la integración de componentes electrónicos en un solo aparato aumenta terriblemente; los chips de computadora van a tener cada vez más información en un espacio cada vez más reducido. Pero hay un problema: esto no es infinitamente posible. Depende, primero, de nuestra capacidad de generar un transistor lo más pequeño posible y, después, ponerlos unos al lado de otros.

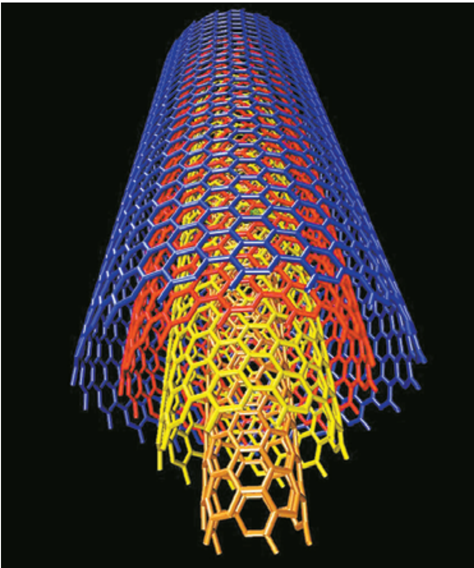
### LA CULPA ES DE MOORE

Como se ve, el tamaño importa en estos asuntos, y muchísimo. Desde los '50, la cantidad de transistores en un centímetro cuadrado va aumentando. Pero estamos en un límite en el cual ya no nos es muy fácil hacer cosas cada vez más pequeñas; es un problema de fabricación. Las leyes que dominan el nanomundo son las de la cuántica y ahí todo conocimiento de electrónica tambalea un poquito.

Una memoria RAM de una PC típicamente tiene $10^{11}$ de unidades de información, o sea, un bit. La foto de las vacaciones o las cartas de la o (o él) amante que guardamos, por ejemplo, en formato digital se codifica como un 1 y un O; son como cuadraditos en una memoria. Es muy difícil meter tanta información en un lugar tan chico. Un vaso de agua de más o menos unos 125 $cm^3$ tiene $10^{24}$ moléculas.

**Leonardo Moledo:** Casi como la cantidad de estrellas en el universo.

**Soler Illia:** Claro, imagínense si le pudiéramos decir a cada una de esas moléculas "esta dice 1, esta dice 0". Imaginen también si pudiéramos dentro de ese vaso de agua tener toda la información que codificara cantidad de cosas. Sería fantástico.


UN NANOTUBO: PARIENTE DEL CARBON Y LOS DIAMANTES.

De ahí el afán del ser humano de tratar de ir hacia lo cada vez más pequeño y dominarlo.

Otra cosa muy interesante de la nanotecnología es que a esas escalas las propiedades de las cosas cambian. Tomemos un cable común y corriente, uno de cobre. Uno sabe que tiene propiedades físicas: el cobre conduce electricidad, por ejemplo, tiene color, tiene flexibilidad. Uno corta el cable y mide los dos pedazos y las partes siguen teniendo las mismas propiedades; las dos son cobre. Pero hay una sorpresa: cuando uno va para abajo en la escala del nanómetro, el cobre deja de ser cobre y cambia sus propiedades físicas, cambia su color, su conductividad, algunos metales se vuelven no metales; la materia se vuelve un poco loca. Tiene propiedades especiales que está bueno aprenderlas porque nos puede llevar a inventar nuevas cosas.

### ¿SUEÑAN LOS NANORROBOTS CON NANOOVEJAS ELECTRICAS?

¿Qué soñamos lo que trabajamos en nanotecnología? ¿Qué escribe la gente cuando quiere que le den plata, subsidios? La gente quiere hacer robots, en este caso, "nanobots", que vayan por nuestras venas, que identifiquen las células que traen el cáncer y las destruyan; quieren robots que puedan inyectar el ADN de una célula particular para que a esa célula le vaya bien, se muera o se diversifique.

En investigación satelital se podría arrojar desde una buena altura un "nanopolvo" en el cual cada una de esas partículas de polvo sea una especie de pequeños satélites que digan exactamente dónde están, qué altura tienen, qué humedad hay, cuántos bichos viven por las cercanías, etc. Los robots microscópicos son una especie de fijación. La nanotecnología también nos interesa para tener una alta densidad de información o para tener procesadores mucho más rápidos. Un nanorrobot, por ejemplo también, podría arreglar una célula *in situ*. Es una máquina más pequeña que el grosor de un cabello. Y tiene que ser en sí mismo una especie de organismo capaz de ser controlado, identificar cosas, dar remedios, censar el ambiente, en fin, una cosa muy complicada, muy compleja. Es como una especie de célula artificial.

Pero ¿cómo se diseñan estas cosas? Bueno, muchos están empezando a estudiar cómo se mueven las células, los paramecios, los espermatozoides. Estos últimos, por ejemplo, tienen una cola rotatoria, una especie de motor molecular que hace que ese bichito se vaya moviendo casi espasmódicamente. En química, hay científicos que quieren crear esas hélices y enchufárselas a estos robots y poder dominarlos. Por ahora esto es un sueño, pero hay gente que está empezando a hacer cosas.

Gracias a la industria electrónica sabemos hacer cosas: cortar, serruchar, pulir, lavar, con una precisión muy fina, casi de la milésima del milímetro. Los chips modernos tienen pistas, canales, dibujos muy complicados. Son mil veces más grandes que lo nano, pero por algo se empieza. Y también esos métodos –llamados "de arriba a abajo"– se hacen cada vez más precisos. Pero yo lo que puedo hacer es ir al revés: construir cosas con átomos. Así puedo ir átomo por átomo, despacio, pero firme. Lo "nano" queda en el medio, de lo que es microscópico y lo que va un poco más arriba de la escala atómica. Es como una tecnología adolescente, y nadie sabe muy bien cómo dominarla. En cualquier momento sale con cualquier cosa.

Para dominar todo esto lo primero que debemos hacer es saber cómo fabricarlos –decir "esto tiene que hacerse así"–, después tenemos que saber cómo es ese objeto –cómo ponerlo, con qué otros objetos, hacerlos funcionar en sociedad– y por supuesto hay que saber controlar y ensamblar todo eso.

### EN CONSTRUCCION

**Soler Illia** (*continúa*): El primer transistor en la década del '50 tenía el tamaño de una caja de zapatos. Ahora tenemos varios millones en una uña. Con el tiempo la tecnología que va "de arriba a abajo" pudo dominar más y más la escala de lo muy pequeño. En la década del 2000 estamos llegando a las decenas de nanómetros. Los químicos y la tecnología "de abajo a arriba" pueden hacer cosas cada vez más grandes. Cuando se crucen estos dos enfoques –"de arriba a abajo" y "de abajo a arriba"– vamos a lograr producir cosas nuevas. Podemos hacer una microturbina, un micromotor, un mapa de la República Argentina tamaño nano, podemos hacer bastante cosas. Donde hay más curiosidad es en los métodos que lentamente van gateando de abajo para arriba.

Lo interesante es que podemos hacer un objeto muy chiquito, perfectamente definido, modificarlo como nosotros queramos, darle una propiedad y luego agruparlos junto a otros "congéneres" de ese objeto y que cada uno de ellos cumpla una tarea específica. Algo así como hacen los organismos biológicos. Las algas, por ejemplo: tienen un aparato que recupera la luz del sol y la convierte en energía; tienen otro que se come el azúcar y produce dióxido de carbono. Hay sistemas que están conectados de determinada manera y funcionan. Ahora bien, acá hay mucho por hacerse. Es un campo muy amplio, donde uno tira semillas y crecen.

Se trata pues de arremangarse y construir. Los químicos ensamblamos átomo por átomo, generando pequeños objetos, que se juntan para conformar objetos aún más grandes y con nuevas propiedades.

### EL CONGRESO DE LAS MOLECULAS

Hay, además, otros objetos chicos: agarremos el carbono por ejemplo. Uno lo conoce por el carbón del asado, del diamante y del grafito de los lápices. Cuando uno se va al mundo nanométrico y acomoda átomos de carbono de determinada forma se puede llegar a tener una pelota de fútbol: a estas estructuras se las conoce como "fullereno" o "futbolano". Uno puede generar tubos de carbono que conducen la electricidad.

**Leonardo Moledo:** Escuchando esto me acordé de una historia: en el siglo XIX se discutió mucho sobre si las moléculas existían o no. Algunos decían que eran un invento, que se usaban, pero no quería decir que físicamente existieran. Para resolver el problema se llamó a un congreso de químicos en el que se votó sobre la existencia de las moléculas. Eso fue en 1852. Y ganaron los que decían que existían; por suerte, porque si no no tendríamos nada de esto.

**Soler Illia:** En nanotecnología, lo que ocupa la mente de varias personas es si podemos poner estas nanopartículas más o menos de manera ordenada en el espacio. Para eso necesitamos imitar a la naturaleza, como caracoles, que ya solucionaron el problema. A esta rama de la nanotecnología se la conoce como "biomimética", trata de ver cómo funcionan los bichos, cómo hacen sus caparazones, etc., y encontrar métodos para imitarlos.

También debemos tener un equipo adecuado para manipular las nanopartículas. Y las pinzas más precisas para disponerlas en el espacio son los detergentes, como los que usamos para lavar los platos. Son moléculas muy especiales, que actúan como un sacacorchos; tienen una parte que se disuelve en el agua y otra en el aceite. Cuando lavamos los platos y le arrojamos detergente pincha la grasa, y la arrastra.

**Leonardo Moledo:** Hay cierta relación histórica entre los científicos y el lavar los platos...

**Soler Illia:** Y sí, lamentablemente. Con estos detergentes podemos acomodar de muchas maneras diferentes las nanopartículas, para hacer estructuras en capas, por ejemplo. También podemos construir estructuras con agujeros, precisamente ordenados en el espacio. Y eso puede servir para descontaminar y destruir materia orgánica –como el petróleo– que ande dando vuelta envenenando el agua. Esto está en etapa experimental.

Para resumir, entonces: no se trata de hacer una viga de acero más o menos duro, sino algo que se pueda regenerar, crecer, destruirse después de un tiempo, ese tipo de materiales son interesantes. Los objetos de la naturaleza no son bloques de yeso; son pequeñas partículas nanométricas que están acomodadas de manera muy particular en lo que se llama "estructura jerárquica", pequeñas partículas aglomeradas, puestas al lado del otro, alineadas... y así. Y eso los hace muy versátiles. Nosotros podemos imitarlos y aprender de ellos. O sea, no tenemos que fijarnos sólo en la composición de los materiales sino en la estructura, la forma, cómo se agrupan.

Y como toda buena ciencia, la nanotecnología abre también dilemas morales. Ya está creciendo también la "nanoética" y que está muy en pañales, más que la nanociencia. Por ejemplo, partículas tan pequeñitas que andan dando vueltas por todos lados: ¿son tóxicas o no?, ¿son reactivas o no?, ¿se pueden hacer replicantes?, ¿qué hacemos con ellos?, ¿los podemos destruir? Ese tipo de preguntas son para la nanoética y esperamos algún día tener el conocimiento suficiente como para tan sólo animarnos a responderlas.

## LA REALIDAD DESNUDA

POR F. K.

La astronomía y la nanociencia se mueven con la misma brújula. El norte de ambas indica siempre la disrupción perceptiva que conmueve y desacomoda la supuesta seguridad con la que se desplaza el ser humano en su mundo privado: ya sea para arriba (lo inabarcablemente grande) o para abajo (lo profundamente pequeño), ambas ciencias ponen en crisis el lugar de la humanidad en el todo. Claro que, en lo que respecta a la nanotecnología, los humanos salimos ganando, pues, en vez de ser retratados como figuras efímeras y minúsculas al lado de galaxias monstruosas, agujeros negros bestiales y demás planetas a los que se les pegan alegremente adjetivos también faunísticos, con respecto a las nanopartículas somos gigantes impiadosos con el divino poder de barrer todo de un pisotón.

Hasta hace cincuenta años, tanto el afuera (el espacio, las galaxias, el sol, la Luna, Marte, etc.) como el adentro (los átomos, los electrones, los neutrones) llevaban colgado el cartel de lo prohibido. A esta altura del siglo XXI, el anuncio precautorio se estrelló contra el piso y los límites se han abierto.

Descender en los niveles del nanomundo (como Dante y Virgilio lo hicieron en el infierno) implica un salto con cierto encanto nostálgico en una búsqueda eterna de la frontera: el piso de lo existente. Como ocurre con el Big Bang, en este asunto pende también el mito del origen, ya no temporal como en el caso de la gran explosión ocurrida hace 13.700 millones de años, sino espacial. La cosa consiste en desnudar la materia y verla tal cual es, sin prendas que cubran su verdadero yo.

En el imaginario colectivo, manipular átomos, moléculas y ahora nanopartículas se trasluce como la facultad de moldear los pilares de la realidad. Tal vez ésa sea la razón por la cual una de las analogías más fuertes y utilizadas, a la hora de hablar de núcleos, electrones y demás protagonistas de esta novela microscópica, es la metáfora del ladrillo. Así pues, una molécula bien podría ser un miniedificio y un conjunto de moléculas, un rascacielos. Esa vocación arquitectónica late allí también, en el nanomundo, donde también anida el imán de lo nuevo a punto de conocer.

ASTRONOMIA: HISTORICA REUNION DE VENUS, MERCURIO Y SATURNO

# Ménage à trois planetario

POR MARIANO RIBAS

Hace décadas que no se veía algo así. Y no habrá otra chance similar hasta, por lo menos, el año 2030: durante los anocheceres de hoy, mañana y pasado, tres planetas se darán cita en una pequeña porción del cielo. Será una excelente oportunidad para echarles un vistazo, de una sola vez, a Venus, Mercurio y Saturno. La rarísima "reunión" astronómica será el resultado de una afortunada alineación visual. Y podrá observarse a simple vista en toda la Argentina.




De tanto en tanto, dos planetas parecen acercarse en el cielo, protagonizando una "conjunción" (en realidad, es tan sólo una cuestión de perspectiva, porque, como cada uno tiene su propia órbita en torno del Sol, nunca se juntan). Muchísimo más raras son las conjunciones donde participan tres planetas: es que para que eso ocurra –y más allá de sus diferentes distancias– todos deben coincidir, al mismo tiempo, en una misma línea visual observados desde la Tierra. Y eso es muy difícil, teniendo en cuenta sus diferentes órbitas y velocidades. La cuestión es que hoy, mañana, y el lunes, hacia las 18.30, Venus, Mercurio y Saturno aparecerán juntos a 10 grados de altura sobre el horizonte del Noroeste (por eso, será imprescindible tener una visual casi libre de obstáculos en esa dirección). El domingo, justamente, será el "Día D": el singular trío ocupará apenas 1,5 grado en el cielo, protagonizando la conjunción más compacta de tres planetas –visibles a ojo desnudo– en varias décadas. Estarán tan apretados, que uno podrá taparlos con el dedo pulgar extendido hacia el cielo. Si bien es cierto que la mejor manera de disfrutar del show será con unos binoculares, el histórico encuentro planetario estará bien al alcance del ojo desnudo. Con su impresionante brillo, Venus será una inmejorable referencia: hoy y mañana, Mercurio estará apenas por debajo del "lucero". Y el lunes, ligerísimamente más alto, casi, casi "tocándolo". Saturno, por su parte, estará a la izquierda de ambos en los tres anocheceres: hoy apenas más alto, mañana a la misma altura, y el lunes un poco más abajo. Más allá del singular atractivo del trío, esos cambios de posiciones, de noche a noche, nos revelarán el movimiento de los planetas. Pura astronomía en funcionamiento. A disfrutarlo.

## LIBROS Y PUBLICACIONES




**ASQUEROSOLOGIA ANIMAL**
La ciencia de las cosas que dan asco
Sylvia Branzei
*Ediciones Iamiqué, 84 páginas*

No satisfecha su curiosidad con el libro *Asquerosología de la cabeza a los pies*, la dupla conformada por la física Carla Baredes y la bióloga Ileana Lotersztain (responsables de la editorial Iamiqué) vuelve rápidamente al ruedo y presenta en sociedad la adaptación en castellano de la segunda entrega de esta serie de libros excitantemente asquerosos dedicados a introducir al público infantil (y adulto también) en los aposentos poco formales de la ciencia. Se trata en esta ocasión de *Asquerosología animal* (*Animal Grossology*, según su versión original en inglés) de la norteamericana Sylvia Branzei. Vómitos, pis, granos y glándulas sudoríparas, que antes atraían con su olor desde las páginas de *Asquerosología de la cabeza a los pies*, ahora son reemplazados por las costumbres extrañas y desagradables de sanguijuelas, babosas, piojos, mohos y humanos, todo en pos de despertar la curiosidad y el afán de conocimiento "de chicos de 10 a 110 años (y padres y maestros en aprietos)", según recomiendan Baredes-Lotersztain.

El libro, traducido por el biólogo Diego Golombek, comienza con una división atractiva: así están los "engullidores de vómito" (moscas, pájaros bebé, estrellas de mar y ranas); los "fabricantes de baba" (babosas, pepinos de mar y mohos babosos); los "chupadores de sangre" (sanguijuelas, garrapatas, piojos, chinches) y por último, pero no menos importantes, los "amantes de la caca" (perros devoradores de caca, lombrices solitaria, escarabajos pelotero).

Minucioso, a medio camino entre la descripción naturalista y la sorpresa shockeante del dato, *Asquerosología animal* describe de un modo nuevo, nada apelmazado y con buen ritmo las peripecias y características de los habitantes del mundo natural con apoyo en la anécdota histórica (no falta alusión a Darwin y sus famosas ranas; y al uso medicinal de las sanguijuelas en el siglo XIX, por ejemplo) y el experimento casero.

Tampoco faltan, por supuesto, las divertidas y amenas ilustraciones de Jack Keely y las analogías más alocadas, para acercar a la ciencia al lector y hacerle saber de una vez por todas que siempre en el mundo hay algo nuevo y divertido, se lo mire por donde se lo mire.

**F.K.**

## AGENDA CIENTIFICA

**AGRONOMIA**
El jueves 30 de junio y el viernes 1º de julio se llevará a cabo en la Facultad de Agronomía (UBA) el taller "Evaluación de los proyectos de adaptación de tecnologías para pequeños productores minifundistas". Organizan: Centro de Estudios y Servicios sobre Desarrollo Rural y Proyecto de Desarrollo de Pequeños Productores Agropecuarios. Av. San Martín 4453. Informes: *patricia@agro.uba.ar*, 45248000 int. 8157.

**futuro@pagina12.com.ar**

ARQUEOLOGIA: LOS MISTERIOS TOXICOLOGICOS DEL ORACULO DE DELFOS

# El ombligo del mundo

**POR RAUL A. ALZOGARAY**

Cuenta la mitología que el "ombligo del mundo" se encuentra en una de las laderas del Monte Parnaso (al norte del golfo de Corinto, en Grecia). Allá por el siglo XIII a.C., se construyó en ese lugar un templo donde funcionaba el oráculo de la Madre Tierra. Parece que siglos después el oráculo fue gentilmente cedido a Apolo (otra versión afirma que el dios se lo apropió por la fuerza, después de matar al dragón que lo custodiaba). El oráculo de Apolo, que recibió el nombre del cercano pueblo de Delfos, se convirtió en el más famoso y consultado de todo el Mediterráneo.

En los tiempos de mayor esplendor del oráculo, las personas viajaban largas distancias y soportaban igualmente largas esperas para preguntarle qué les deparaba el destino. Apolo les respondía a través de la voz de las sacerdotisas, llamadas Pitias (las respuestas solían ser oscuras y ambiguas). Las candidatas a Pitias tenían que ser jóvenes, vírgenes y nacidas en Delfos. Refiere Robert Graves, en su libro *Los mitos griegos*, que desde el día en que un devoto sedujo a la Pitia de turno, las empezaron a elegir mayores de cincuenta años.


EL ORACULO DE DELFOS ESTABA ENCIMA DE LA INTERSECCION DE DOS FRACTURAS DE LA CORTEZA TERRESTRE.

### MATARAS A TU PADRE, LUEGO TE CASARAS CON TU MADRE

El oráculo de Delfos le advirtió a Layo, rey de Tebas, que si tenía un descendiente varón, éste lo iba a matar. Tiempo después, la esposa de Layo dio a luz un varoncito. Temeroso de la profecía, el rey abandonó a su hijo en la montaña. El pequeño sobrevivió, lo llamaron Edipo y lo criaron en la corte de Pólibo, rey de Corinto. Años más tarde, el oráculo le advirtió a Edipo: "¡Matarás a tu padre y te casarás con tu madre!". La funesta profecía se cumplió al pie de la letra y permitió que, siglos después, el nombre de Edipo fuera usado para designar a un incestuoso complejo psicológico.

Orestes es otro de los famosos que consultó al oráculo de Delfos. Quería saber si debía matar a su madre, que había asesinado vilmente a Agamenón, esposo de ella y padre de Orestes. La respuesta fue que debía matarla si no quería convertirse en un paria y enfermar de lepra. Ante tan inquietante presagio, y dado que contaba con el aval de Apolo, Orestes decidió cometer matricidio.

Pero estos son mitos. En la vida real, gobernantes, militares y particulares viajaban a Delfos para consultar al oráculo. Con el paso de los siglos y la aparición del cristianismo, la popularidad del oráculo fue disminuyendo. El emperador romano Teodosio I mandó clausurarlo en el año 381.

### GRIETAS, VAPORES Y VATICINIOS

De acuerdo con los relatos de la época, la Pitia atendía en una cámara ubicada en el corazón del templo. Se sentaba en un trípode, caía en un estado de trance y respondía las preguntas que le hacían. Era creencia común que el trance lo provocaban los vapores que brotaban de unas grietas en el suelo de la cámara.Las grietas y los vapores son mencionados en los escritos de Heródoto, Cicerón, Plinio el Viejo y Plutarco (este último, célebre autor de las *Vidas paralelas*, fue sacerdote de Apolo en Delfos). A Plutarco se le deben las primeras hipótesis acerca del origen geológico de los vapores que, según su descripción, despedían un aroma dulce.

La historia de las grietas y los vapores fue descartada durante la primera mitad del siglo XX, principalmente por falta de evidencias. Sin embargo, a fines de siglo, los estadounidenses John Hale (arqueólogo), Jelle de Boer (geólogo), Jeff Chanton (químico) y Rick Spiller (toxicólogo), demostraron que, después de todo, los antiguos cronistas no estaban tan errados.

El arqueólogo y el geólogo descubrieron que la cámara del oráculo estaba erigida exactamente sobre el punto de intersección de dos fracturas de la corteza terrestre. Debajo del templo se encontraron grietas en la roca, producidas por la tensión entre las fracturas, y un importante depósito de hidrocarburos de origen orgánico, que bien podía ser la fuente de los vapores mencionados por los autores de antaño. El químico detectó en el lugar la presencia de etileno. El toxicólogo confirmó que se trata de un gas de olor dulce, que produce un estado de trance sin pérdida del conocimiento. Quienes lo aspiran sienten euforia y la sensación de abandonar el cuerpo, pero pueden permanecer sentados y responder preguntas (como lo hacían las Pitias).

La investigación permitió corroborar todos los detalles mencionados en los textos antiguos. En un artículo publicado en *Scientific American*, los cuatro investigadores resaltan el poder de la ciencia moderna para dilucidar misterios del pasado, pero lo que les parece más destacable es "cuánto se puede ganar al abordar los problemas con la mentalidad abierta y la actitud interdisciplinaria mostradas por los antiguos griegos".

FINAL DE JUEGO

## Donde el Comisario Inspector recuerda a Manuel Sadosky

**POR LEONARDO MOLEDO**

–Esta semana, creo –dijo el Comisario Inspector–, debemos hacerle un homenaje a Sadosky, que murió el sábado pasado.

–Sí –dijo Kuhn–, creo que el Maestro se lo merecía.

–Es una vergüenza que la policía no le haya hecho un homenaje institucional –dijo el Comisario Inspector– teniendo en cuenta que le pegó unos cuantos palazos en la Noche de los Bastones Largos. Lo cierto es que Sadosky bien puede considerarse un símbolo, como este diario ha repetido hasta el cansancio ya, pero no está de más volver a decirlo: un símbolo de la ciencia progresista, un símbolo de la universidad progresista, estatal, laica, pública y gratuita, un símbolo de los comienzos de la computación en la Argentina y un símbolo, también, de lo que pueden la barbarie y el oscurantismo que ven en la ciencia y en los científicos a sus enemigos, con muchísima razón.

–Fue muy justo que se lo designara Ciudadano Ilustre de la Ciudad de Buenos Aires –dijo Kuhn– y fue, de hecho, ciudadano ilustre de la ciencia. Fue el padre de Clementina, la primera computadora científica que hubo en el país, fue el fundador de la Eslai, la escuela de informática, que no duró.



–Fue uno de los protagonistas de la época de oro de la Facultad de Ciencias Exactas –dijo el Comisario Inspector– destruida vergonzosamente por una policía que todavía no había comprendido que su futuro está ligado al desarrollo científico. Y cuando Alfonsín lo designó secretario de Ciencia y Técnica, fue una reparación y un homenaje a toda la ciencia argentina, la de Sarmiento y Ameghino.

–A través mío, el Reino Unido también le rinde homenaje –dijo entonces el embajador inglés, que había permanecido en silencio hasta el momento– y ya he escrito a la reina para que se le conceda, *post mortem*, el título de caballero, así que podemos referirnos a él como Sir Manuel Sadosky.

–Suena un poco discordante –dijo el Comisario Inspector–, especialmente si se tiene en cuanta que siempre tuvo una posición de izquierda, como yo.

Por eso, yo prefiero decirle don Manuel. Y como despedida, creo que lo mejor que puede decirse son tres palabras: Gracias, don Manuel.

**¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Están de acuerdo con la despedida del Comisario Inspector?**